

Otpad iz rudarsko-pirometalurške proizvodnje bakra i postupanje sa njim

BILJANA S. MALUCKOV, Univerzitet u Beogradu,
Tehnički fakultet u Boru, Bor

Stručni rad
UDC: 628.4.043:669.33.012.3
504.5:669.33.012.3
DOI: 10.5937/tehnika1706819M

Najveći deo infrastrukture čovečanstva se zasniva na upotrebi bakra, zbog čega je proizvodnja bakra veoma bitna industrijska grana. Otpad i nusproizvodi koji se javljaju tokom metalurške proizvodnje bakra su neretko bogatiji u sadržaju bakra i drugih vrednih metala od prirodnih rezervi metala, tako da se njihovom preradom mogu dobijati metali. Pored toga, mogu se upotrebiti i za dobijanje građevinskog materijala, a sve to smanjuje eksploataciju prirodnih resursa, količinu otpada koji se odlaže na zemlji kao i zagađenje životne sredine. U radu je dat pregled postupanja sa otpadom iz rudarsko-pirometalurške proizvodnje bakra.

Ključne reči: *otpad, pirometalurška proizvodnja bakra*

1. UVOD

Rudarsko-pirometalurško dobijanje metala obuhvata iskopavanje odnosno ekstrakciju rude, njeno usitnjavanje, koncentrisanje metala i dobijanje koncentrata i na kraju dalje prečišćavanje metala iz koncentrata.

U svim fazama dobijanja metala nastaje otpad koji može biti sastavljen od prirodnih materijala koji su samo izdrobljeni (običan rudarski otpad, neupotrebljivi mineralizovani materijali) ili od prirodnih materijala koji su obrađeni u različitom stepenu, tokom faza koncentrisanja i prerade koncentrata, a koji sadrže hemijske, neorganske i organske aditive [1].

Operacije ekstrakcije rude i dobijanja koncentrata proizvode velike količine materijala nepodesnih za tržište (mineralni otpad), od kojih je većina obično odbačena na odlagališta (grubi materijal) i u jalovišta (fini materijal) [2].

Pirometalurškim dobijanjem metala iz koncentrata, u procesima topljenja i konvertovanja kao nusprodukt [3-5] nastaje staklasti materijal – „bakarna“ šljaka, koja je od početka industrijske ere posmatrana kao otpad. Procenjuje se da na svaku tonu proizvedenog bakra nastaje oko 2,2 tone šljake, a da se svake godine iz svetske proizvodnje bakra generiše oko 24,6

miliona tona šljake [3].

U radu je dat kratak pregled postupanja sa otpadom koji je nastao u procesima ekstrakcije, pripreme i prerade rude.

2. UTICAJ RUDARSTVA NA ŽIVOTNU SREDINU

Rudarske aktivnosti traju po nekoliko ljudskih generacija, tako da uticaj rudarstva nije brzo evidentan. Potencijalne opasnosti po zdravlje i ekosisteme mogu se pojaviti tokom izgradnje, u toku radnog veka i po zatvaranju rudnika. Rudarstvo menja izgled pejzaža i uslove za živi svet. Potencijalni izvori zagađenja životne sredine u prerađivačkoj industriji ruda i minerala su prašina, nestabilnost i degradacija zemljišta, drenaža sedimenta, izlivanja jalovine, vazdušne emisije, uništavanje mesta i okolnih oblasti napuštenom opremom, postrojenjima i zgradama.

U fazi eksploatacije rude, pri masovnom miniranju dolazi do razletanja komada stena, vazdušnog udarnog talasa, odbacivanja minirane mase, seizmičkih potresa, pojave škodljivih gasova i prašine.

Odlaganje rudarskog otpada može zauzeti velike površine zemljišta i ukoliko se njime pravilno ne upravlja, može dovesti do negativnih efekata na kvalitet zemljišta, vode i vazduha.

Velike površine zemljišta su promenjene rudarskim operacijama tako da je erozija često primarni problem [5].

Otpadne stene su čvrst otpad koji nastaje u velikim količinama u toku ekstrakcije rude i obično se odlažu u neposrednoj blizini eksploatacije rude.

Adresa autora: Biljana Maluckov, Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, Vojske Jugoslavije 12

e-mail: nachevich@yahoo.com

Rad primljen: 24.10.2017.

Rad prihvaćen: 22.11.2017.

Rudarskim aktivnostima velike količine sulfidnih ruda bivaju izložene vazduhu i vodi, sulfidi se rastvaraju i stvara se sumporna kiselina. Rastvoreni metali kontaminiraju podzemne i površinske vode i nastaju kisele rudničke vode ili kiselna drenaža stena (acid mine/acid rock drainage – AMD/ARD) [6]. U kiselim rudničkim vodama se razvijaju acidofilne bakterije [7, 8] koje dodatno ubrzavaju oksidaciju sulfida i njihovo rastvaranje [9]. Nakon atmosferskih padavina zbog nedostatka prirodnih prepreka veće su brzine oticanja i količine voda i na taj način dolazi do bržeg širenja zagađivača.

U procesu koncentrisanja-flotacije nastaje veoma viskozna i abrazivna pulpa jalovine [10] koja se odlaže u jalovišta. Jalovišta ne samo da narušavaju izgled mesta na kome se nalaze, već predstavljaju i veliku ekološku opasnost ukoliko nisu pravilno konstruisana ili ukoliko se jalovina pravilno ne odlaže [11]. Katastrofalna oštećenja jalovišta, dovode do transporta pulpe, rastvorenih metala i sitnih reaktivnih čestica metala u životnu sredinu [12].

Topljenjem koncentrata, iz topionica se emituju značajane količine sumpor dioksida (SO₂) [13], koji u vlažnim klimatskim uslovima stvara kisele padavine. Kisele padavine, zajedno sa sečom drveća uništavaju pejzaž [14]. Pored sumpor-dioksida, primarne topionice bakra emituju i čestice [15, 16]. Osnovni sastojci čestica su oksidi bakra i gvožđa, ali takođe mogu biti prisutni i drugi oksidi kao što su oksidi arsena, antimona, kadmijuma, olova, žive i cinka sa sulfidima metala i sumpornom kiselom maglom [4].

3. POSTUPANJE SA OTPADOM

Kao što primena tehnologije može da prouzrokuje zagađenje, tako može biti upotrebljena da se smanje, a ponekad i eliminišu zagađivači. Minimizacija zagađenja u rudarsko-metalurškoj proizvodnji bakra se može postići kroz: smanjene proizvodnje otpada, prikupljanje otpada, reciklažu otpada i neutralizaciju zagađivača u detoksifikacionu formu.

Otpadne stene čine nemineralizovane i nekvalitetne mineralne stene uklonjene odozgo ili u okviru rudnog tela za vreme ekstrakcionih aktivnosti. Obično se odlažu na velike gomile ili odlagališta u neposrednoj blizini ekstrakcije. U temelje odlagališta mogu biti uneti drenažni sistemi u zavisnosti od lokacije, hidrologije i regulatornih ograničenja [5]. Grub rudarski otpad-otpadne stene se mogu upotrebiti kao materijal za puteve, izgradnju temelja ili proizvodnju cementa [1], a iz topioničke prašine mogu se efikasno ukloniti bakar i arsen luženjem pod pritiskom [17] ili bioluzenjem [18]. Teški metali i arsen se mogu ukloniti iz

zagađenog zemljišta fitoekstrakcijom [19, 20], bioluzenjem [21, 22] ili bioelektrokinetički [23, 24].

4. POSTUPANJE SA JALOVINOM

U fazi eksploatacije rudnika uglavnom se vodi računa o odlaganju jalovine. Tečna jalovina se može prenositi iz mlina do jalovišta gravitacionim protokom i/ili pumpanjem kroz cevovode ili otvorene cevi [10]. U zavisnosti od morfologije terena jalovište može da se nalazi u dolini (tip zatvaranja u dolini), u podnožju padina (tip zatvaranja strane padine) ili na ravnoj zemlji (tip zatvaranje prstenom) [25].

Pored odlaganja u jalovišta, jalovina se ponekad odlaže u podzemne rudnike. Da bi se povećala strukturna stabilnost, pre punjenja se može cement izmešati sa frakcijom peska [5]. Podzemno zatrpavanje je moguće samo za ležišta bez komunikacije sa vodotokovima [1].

Podvodno odlaganje jalovine u jezerima ili okeanima se praktikuje u Kanadi [5]. Sa ekološke tačke gledišta, podvodno odlaganje sulfidne jalovine uz kontrolu nivoa vode je idealno kratkotrajno rešenje [1]. Nakon prestanka rada rudnika, rudnici i okruženje rudnika se obično ostavljaju bez pokušaja njihove sanacije. Flotacijska jalovina i dalje sadrži značajne količine metala i aditive iz procesa flotacije, tako da je primenom odgovarajućih postupaka moguće iz flotacijske jalovine dobiti određene metale [11]. Iz jalovine je moguće dobiti bakar elektrodijalizom [26, 27], luženjem [28, 29] i bioluzenjem [30]. Sađenjem vegetacije koja je tolerantna na velike koncentracije metala, moguće je poboljšati izgled mesta [31].

5. POSTUPANJE SA ŠLJAKOM

Zbog svojih fizičko-mehaničkih svojstava, šljaka može da se upotrebi, umesto da se odlaže. Različita istraživanja su pokazala da se zamenom pojedinih komponenti u građevinskom materijalu šljakom, mogu dobiti materijali sa dinamičkim i mehaničkim svojstvima, koja ih čine podobnim za upotrebu u građevinarstvu. Upotrebom šljake iz procesa proizvodnje bakra, za izradu građevinarskog materijala, dobijaju se novi materijali s jedne strane, a sa druge se smanjuje količina otpada na zemlji [32]. Šljaka iz procesa proizvodnje bakra može biti potencijalna alternativa za dodatke koji se koriste u izradi betona [33-36], cementa [37-39], bitumena [40] i pločica [41]. Odlagališta topioničke šljake su dragocen izvor metala. Šljaka iz nekih topioničkih operacija može imati veće koncentracije bakra od same rude. Odlaganjem šljake gube se vredni metali i javljaju se ekološki problemi.

Kada šljaka sadrži znatne količine bakra i drugih metala, metali se iz nje mogu dobiti pirometalurškim [4, 5, 42], hidrometalurškim [42-47], mešovitim pirohidrometalurškim [48-51] i biohidrometalurškim [52-53] postupcima.

6. POSTUPANJE SA PROCEDNIM VODAMA

Nastanak kiselih rudničkih voda je veoma teško sprečiti, ali preventivnim merama kojima se sprečava kontakt između minerala i vazduha [54] može se umanjiti njihovo stvaranje. Kada već nastanu, njihovo kretanje se može kontrolisati usmeravanjem u napravljene lagune [55, 56] ili se mogu neutralisati i osloboditi od velike količine metala [57].

Najčešće se vrši neutralizacija AMD-a. Prilikom neutralizacije nastaje mulj koji može da se koristi za uklanjanje fosfora iz poljoprivrednih otpadnih voda [58]. Štetni joni teških metala iz AMD-a se mogu ukloniti upotrebom mikroorganizama [59] i elektrohemijskim metodama [60].

7. ZAKLJUČAK

U toku rudarsko-pirometalurških aktivnosti nastaju velike količine otpada, koje narušavaju izgled okoline i utiču negativno na ekosisteme.

Da bi se sprečili ili smanjili negativni efekti otpada na okruženje neophodno je da se sa otpadom iz svake faze rudarsko-pirometalurških aktivnosti upravlja na licu mesta. Iskorišćavanjem otpada koji se dobija u procesu dobijanja bakra, a koji neretko ima poprilačan sadržaj bakra, moguće je smanjiti ekstrakciju rude i količinu otpada na zemlji. U fazi ekstrakcije rude i dobijanja koncentrata, kao otpad se dobijaju otpadne stene i flotacijska jalovina, a u procesima prerade koncentrata šljaka.

Svaka vrsta ovog otpada ima svoje karakteristike pri čemu šljaka ima najmanju sličnost sa ulaznim materijalom tj. rudom. Grub rudarski otpad i šljaka se mogu iskoristiti za izradu građevinskog materijala. Iz jalovine i šljake mogu se različitim postupcima dobiti bakar i drugi vredni metali. Kisele rudničke drenažne vode su prateća nuspojava rudarskih aktivnosti iz kojih se takođe mogu dobiti metali.

LITERATURA

- [1] BRGM: Management of mining, quarrying and ore-processing waste in the European union, Decembar 2001.
- [2] Chan BKC, Bouzalakos S, Dudeney A.W.L, Integrated waste and water management in mining and metallurgical industries, *Transaction of Nonferrous Metals Society of China*, Vol. 18, pp. 1497-1505, 2008.
- [3] Gorai B, Jana RK, Premchand. Characteristics and utilization of copper slag-/a review, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 39, pp. 299-313, 2003.
- [4] USAID: Environmental pollution project, Mineral Processing and metal refining, Ch. 6, pp. 6-1 – 6-40.
- [5] US EPA: Technical Document, Background for NEPA Reviewers: Non-Coal Mining Operations, December 1994.
- [6] Maluckov B, Acide mine drainage, in Proc. 2th Symposium with International Participation, Environmental protection and sustainable development „Mining and energy 2014“, Tara, Serbia, pp. 320-324, 11-13 March 2014.
- [7] Baker J. B, Banfield F. J. Microbial communities in acid mine drainage, *FEMS Microbiology Ecology*, Vol. 44, pp. 139-15, 2003.
- [8] Hallberg K. B, Johnson D. B, Gonzalez-Toril E. New perspectives in acid mine drainage microbiology, *Extremophiles* Vol. 14, pp. 9-19, 2010.
- [9] Edwards K. J, Bond Ph. L, Druschel G. K, McGuire M. M, Hamers R. J, Banfield J. F, Geochemical and biological aspects of sulphide mineral dissolution: lessons from Iron Mountain, California, *Chemical Geology*, Vol. 169, pp. 383-397, 2000.
- [10] U. S. EPA: Technical Resource Document, Extraction and Beneficiation of Ores and Minerals – Vol. 4, Copper, August 1994.
- [11] Maluckov B, Treatment of flotation tailings obtained in the concentration of copper, in Proc. 1st Symposium „On Flue Gas Desulphurization“ [and 41th conference „Air Protection 2013“ [and] 4th Symposium „ On Ash, Slag and Waste Landfills in Power Plants and Mines“ with International Participation, Subotica, Srbija, pp.215-221, 16-18 Septembar 2013.
- [12] Grangeia C, Ávila P, Matias M, Ferreira da Silva E, Mine tailings integrated investigations: The case of Rio tailings (Panasqueira Mine, Central Portugal), *Engineering Geology*, Vol. 123, pp. 359-372, 2011.
- [13] Tasić V, Maluckov B, Kovačević R, Apostolovski Trujić T, Šteharnik M, Stanković S, Analysis of SO₂ Concentrations in the Urban Areas near Copper Mining and Smelting Complex Bor, Serbia, *Chemical engineering transactions*, Vol.42, pp. 103-108, 2014.
- [14] Driussi C, Jansz J, Technological options for waste minimization in the mining industry, *Journal of Cleaner Production*, Vol.14, pp. 682-688, 2006.
- [15] Tasić V, Maluckov B, Apostolovski Trujić T, Kovačević R, Živković M, Lazović I, Particulate matter

- (PM10 and PM2.5) concentration in Bor, Serbia, *Facta universitatis*, Vol.12, pp. 279-287, 2015.
- [16] Tasić V, Kovačević R, Maluckov B, Apostolovski – Trujić T, Matić B, Cocić M, Šteharik M, The Content of As and Heavy Metals in TSP and PM10 Near Copper Smelter in Bor, Serbia, *Water Air Soil Pollut*, pp. 228-230, 2017.
- [17] Zhi-feng X, Qiang LI, Hua-ping N, Pressure leaching technique of smelter dust with high-copper and high-arsenic, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, Vol. 20, pp. 176-181, 2010.
- [18] Bakhtiari F, Atashi H, Zivdar M, Seyed Bagheri SA. Continuous copper recovery from a smelter's dust in stirred tank reactors, *International journal of mineral processing*, Vol.86, pp. 50–57, 2008.
- [19] Garbisu C, Alkorta I, Phytoextraction: a cost-effective plant-based technology for the removal of metals from the environment, *Bioresource Technology*, Vol. 77, pp. 229-236, 2001.
- [20] Miransari M. Hyperaccumulators, arbuscular mycorrhizal fungi and stress of heavy metals, *Biotechnology Advances*, Vol. 29, pp. 645–653, 2011.
- [21] Nareshkumar R, Nagendran K, Parvathi, Bioleaching of heavy metals from contaminated soil using *Acidithiobacillus thiooxidans*: effect of sulfur/soil ratio, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, Vol.24, pp.1539–1546, 2008.
- [22] Ren W, Li P, Geng Y, Li X, Biological leaching of heavy metals from a contaminated soil by *Aspergillus niger*, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 167, pp. 164–169, 2009,
- [23] Hyun-A K, Keun-Young L, Byung-Tae L, Soon-Oh K, Kyoung-Woong K, Comparative study of simultaneous removal of As, Cu, and Pb using different combinations of electrokinetics with bioleaching by *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Water research*, Vol, pp. 5591 -5599, 2012.
- [24] Keun-Young L, Hyun-A K, Byung-Tae L, Soon-Oh K, Young-Ho K, Kyoung-Woong K. A feasibility study on bioelectrokinetics for the removal of heavy metals from tailing soil, *Environ Geochem Health*, Vol. 33, pp. 3–11, 2011.
- [25] Witt K. J, Schönhardt M, Saarela J, Frilander R, Csicsak J, Csóvari M, Várhegyi A, Georgescu D. P, Radulescu C. A, Zlagnan M, Böhm J, Debreczeni Á, Gombkötő I, Xenidis A, Koffa E, Kourtis A, Engels J, Tailings Management Facilities–Risks and Reliability, in: Sustainable Improvement in Safety of Tailings Facilities TAILS SAFE, Eds. Witt, KJ, Schönhardt, M. A European Research and Technological Development Project, Contract Number: EVG1-CT-2002-00066, September, 2004. http://www.tailsafe-bam.de/pdf-documents/TAISSAFE_Risk_and_Reliability.pdf
- [26] Hansen H. K, Rojo A, Ottosen LM. Electrodialytic remediation of copper mine tailings, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. B117, pp. 179–183, 2005.
- [27] Rojo A, Cubillos L. Electrodialytic remediation of copper mine tailings using bipolar electrodes, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 168, pp. 1177–1183, 2009.
- [28] Hansen H. K, Yianatos JB, Ottosen LM. Speciation and leachability of copper in mine tailings from porphyry copper mining: Influence of particle size, *Chemosphere*, Vol. 60, pp. 1497–1503, 2005.
- [29] Antonijević M. M, Dimitrijević M. D, Stevanović Z. O, Serbula S. M, Bogdanovic G. D, Investigation of the possibility of copper recovery from the flotation tailings by acid leaching, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 158, pp. 23–34, 2008.
- [30] Nguyen V. K, Lee M. H, Park H. J, Lee J. U, Bioleaching of arsenic and heavy metals from mine tailings by pure and mixed cultures of *Acidithiobacillus* spp., *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* Vol.21, pp. 451–458, 2015.
- [31] Ying T, Yong-Ming L, Chang-Yong H, Jian L, Zhen-Gao, Christie P, Tolerance of Grasses to Heavy Metals and Microbial Functional Diversity in Soils Contaminated with Copper Mine Tailings, *Pedosphere*, Vol.18, No.3, pp. 363–370, 2008.
- [32] Maluckov B, Dimitrijević M. Using slag from the copper production process to produce construction materials and structures, in Proc. 1st Symposium „On Flue Gas Desulphurization“ [and 41th conference „Air Protection 2013“ [and] 4th Symposium „On Ash, Slag and Waste Landfills in Power Plants and Mines“ with International Participation, Subotica, Srbija, pp. 222-227, 16-18 Septembar 2013.
- [33] Pazhani K, Jeyaraj R, Study on durability of high performance concrete with industrial wastes, *ATI - Applied Technologies & Innovations*, Vol. 2, No. 2, pp. 19-28, 2010.
- [34] Al-Jabri K. S, Hisada M, Al-Oraimi S. K, Al-Saidy A. H, Copper slag as sand replacement for high performance concrete, *Cement & Concrete Composites*, Vol. 31, pp. 483–488, 2009.
- [35] Al-Jabri K. S, Al-Saidy A. H, Taha R, Effect of copper slag as a fine aggregate on the properties of cement mortars and concrete, *Construction and Building Materials*, Vol. 25 ,pp. 933–938, 2011.
- [36] Wu W, Zhang W, Ma G. Mechanical properties of copper slag reinforced concrete under dynamic

- compression, *Construction and Building Materials*, Vol. 24, pp. 910–917, 2010.
- [37] Zain MFM, Islam MN, Radin SS, Yap SG. Cement-based solidification for the safe disposal of blasted copper slag, *Cement & Concrete Composites*, Vol. 26, pp. 845–851, 2004.
- [38] Brindha D, Nagan S, Durability studies on copper slag admixed concrete, *Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing)*, Vol. 12, No. 5, pp. 563–578, 2011.
- [39] Alp I, Deveci H, Sungun H, Utilization of flotation wastes of copper slag as raw material in cement production, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 159, pp. 390–395, 2008.
- [40] Pundhir N. K. S, Kamaraj C, Nanda PK. Use of copper slag as construction material in bituminous pavements, *Journal of Scientific & Industrial Research*, Vol. 64, pp. 997–1002, 2005.
- [41] Marghussian V. K, Maghsoodipoor A. Fabrication of unglazed floor tiles containing Iranian copper slags, *Ceramics International*, Vol. 25, pp. 617–622, 1999.
- [42] Carranza F, Iglesias N, Mazuelos A, Romero R, Forcat O. Ferric leaching of copper slag flotation tailings, *Minerals Engineering* Vol. 22, pp.107–110, 2009.
- [43] Banza A. N, Gock E, Kongolo K. Base metals recovery from copper smelter slag by oxidising leaching and solvent extraction, *Hydrometallurgy*, Vol. 67, pp. 63–69, 2002.
- [44] Bese AV. Effect of ultrasound on the dissolution of copper from copper converter slag by acid leaching, *Ultrasonics Sonochemistry*, Vol.14, pp. 790–796, 2007.
- [45] Yang Z, Rui-lin M, Wang-dong N, Hui W, Selective leaching of base metals from copper smelter slag, *Hydrometallurgy*, Vol. 103, pp.25–29, 2010.
- [46] Altundogan H. S, Boyrazli M, Tumen F. A study on the sulphuric acid leaching of copper converter slag in the presence of dichromate, *Minerals Engineering*, Vol.17, pp. 465–467, 2004.
- [47] Perederiy I, Papangelakisa VG, M, Buarzaiga, Mihaylov I, Vladimirov G. Co-treatment of converter slag and pyrrhotite tailings via high pressure oxidative leaching, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 194, pp. 399–406, 2011.
- [48] Rudnik E, Burzynska L, Gumowska W. Hydrometallurgical recovery of copper and cobalt from reduction-roasted copper converter slag, *Minerals Engineering*, Vol. 22, pp. 88–95, 2009.
- [49] Altundogan H. S, Tumen F, Metal recovery from copper converter roasting with ferric sulphate, *Hydrometallurgy*, Vol. 44, pp. 261–267, 1997.
- [50] Arslan C, Arslan F, Recovery of copper, cobalt, and zinc from copper smelter and converter slags, *Hydrometallurgy*, Vol. 67, pp.1–7, 2002.
- [51] Shibayama A, Takasaki Y, William T, Yamatodani A, Higuchi Y, Sunagawa Sh, Ono E, Treatment of smelting residue for arsenic removal and recovery of copper using pyro-hydrometallurgical process, *Journal of Hazardous Materials*, Vol.181, pp.1016–1023, 2010.
- [52] Mehta K. D, Pandey B. D, Premchand, Bio-Assisted Leaching of Copper, Nickel and Cobalt from Copper Converter Slag, *Materials Transactions, JIM*, Vol.40, No.3, pp. 214–221. 1999.
- [53] Kaksonen H. A, Lavonen L, Kuusenaho M, Kolli A, Närhi H, Vestola E, Puhakka A. J, Tuovinen O. H, Bioleaching and recovery of metals from final slag waste of the copper smelting industry, *Minerals Engineering*, Vol. 24, pp.1113–1121, 2011.
- [54] Johnson D. B, Hallberg K. B, Acid mine drainage remediation options: a review, *Science of the Total Environment*, Vol. 338, pp. 3–14, 2005.
- [55] Prasad M.N. V, *Aquatic Plants for Phytotechnology*, in: Singh SN, Tripathi RD. (Eds.) *Environmental Bioremediation Technologies*, Ch.11, Springer-Verlag, Berlin, 2007.
- [56] Sobolewski A, Metal species indicate the potential of constructed wetlands for long-term treatment of metal mine drainage, *Ecological Engineering*, Vol. 6, pp. 259–271, 1996.
- [57] Aubé B, *The Science of Treating Acid Mine Drainage and Smelter Effluents*, Québec, Canada, H9X 4A9 http://www.robertsongeoconsultants.com/rgc_-_enviromine/publicat/treatment%20science.pdf
- [58] Sibrell PhL, Montgomery G. A, Ritenour K. L, Tucker T. W, Removal of phosphorus from agricultural wastewaters using adsorption media prepared from acid mine drainage sludge, *Water research*, Vol.43, pp. 2240 – 2250, 2009.
- [59] Johnson D. B, Reductive dissolution of minerals and selective recovery of metals using acidophilic iron- and sulfate-reducing acidophiles, *Hydrometallurgy* Vol. 127–128, pp. 172–177, 2012.
- [60] Gorgievski M, Božić D, Stanković V, Bogdanović G, Copper electrowinning from acid mine drainage: A case study from the closed mine “Cerovo”, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 170, pp. 716–721, 2009.

SUMMARY**WASTE FROM MINING- METALLURGICAL PRODUCTION OF COPPER AND TREATMENT OF IT**

The biggest part of mankind infrastructure is developed on the use of copper. Because of that the mining metallurgical production of copper is very significant branch of industry. Waste and by-products that occur during the production of copper is not rare are richer in content of copper and other valuable metals from natural reserves of the metal, so that their processing can recovery metals. In addition, they can be used for the production of construction materials. All that reduce the exploitation of natural resources, the quantity of waste deposited on the earth and decreases the level of the environmental pollution. In the paper gives a overview of the treatment of waste from mining-pyrometallurgical copper production.

Key words: waste, pyrometallurgical production of copper